

肘関節の繰り返し運動後の筋痛および筋疲労における鍛錬者と非鍛錬者の比較

李 忠林¹⁾, 野口 雄慶^{2,3)}, 山田 孝禎⁴⁾

Comparison of muscle pain and fatigue in trained and untrained individuals after repeated elbow joint exercise

Zhonglin LI¹⁾, Takanori NOGUCHI^{2,3)}, Takayoshi YAMADA⁴⁾

Abstract

This study compared the muscle pain and fatigue in trained and untrained individuals after repeated elbow joint exercise. We included 19 individuals (trained, n = 10; untrained, n = 9) who were instructed to perform concentration curls from the elbow extension position to the elbow flexion position. A dumbbell was used weighing equivalent to 85% of the repetition maximum. Based on the pre-exercise criteria, muscle pain and fatigue during elbow joint extension and flexion immediately after exercise and after 24, 48, 72, and 96 h were measured using the visual analogue scale. Results indicated that during elbow joint extension, muscle pain in trained individuals was not significantly different across all time points; however, in untrained individuals it was significantly higher after 24–72 h than that immediately after exercise and after 96 h. During elbow flexion, muscle pain was significantly higher in the training group compared to the non-training groups immediately after exercise. The muscle pain during elbow flexion was significantly reduced in the training group after 96 hours immediately after exercise, 24 h, and after 48 h. Conversely, that in the non-training group after was significantly higher after 24–72 h and 24–48 h than after 96 h. Finally, muscle fatigue was significantly higher in both groups immediately after exercise than after 48–96 h, and lower after 96 hours than immediately after exercise and after 24 h. The results of this study revealed that untrained individuals have lower muscle pain immediately after exercise and have delayed onset of muscle soreness after 24 h.

**Key words : Trained, Untrained, Delayed onset muscle soreness,
Muscle pain, Muscle fatigue**

キーワード : 鍛錬者, 非鍛錬者, 遅発性筋痛, 筋痛, 筋疲労

1. 緒言

筋痛や筋疲労は、トレーニング継続や効率の良い効果を得るためにも、その影響を考慮した

トレーニング計画が重要となる。特にウエイトトレーニングのように筋痛や筋疲労を伴いやすいトレーニングの場合にはその影響を十分に考慮す

- 1) 福井工業大学大学院 工学研究科 社会システム学専攻
- 2) 福井工業大学 スポーツ健康科学部
- 3) ウェルネス&スポーツサイエンスセンター
- 4) 福井大学 学術研究院教育・人文社会系部門

- 1) Department of Social System Engineering, Graduate school of Engineering, Fukui University of Technology (3-6-1, Gakuen, Fukui, Fukui, 910-8505, Japan)
- 2) Faculty of Sports and Health Sciences, Fukui University of Technology (3-6-1, Gakuen, Fukui, Fukui, 910-8505, Japan)
- 3) FUT Wellness & Sports Science Center (3-6-1, Gakuen, Fukui, Fukui, 910-8505, Japan)
- 4) Faculty of Education, Humanities and Social Sciences, University of Fukui (3-9-1Bunkyuu, Fukui, Fukui, 910-8507, Japan)

連絡先 李忠林

福井工業大学大学院 工学研究科 社会システム学専攻
〒910-8505 福井県福井市学園3-6-1
E-mail li19900731@yahoo.co.jp

る必要がある。例えば、非鍛錬者は筋痛の発生にうまく対処できない場合、トレーニングの継続を断念してしまう（トレーニングから離脱する）ことが先行研究で報告されている（Nosaka and Newton, 2002）。よって、対象者の特性ごとの筋痛や筋疲労の回復状況について、それぞれの特徴に応じたプログラムの提供が必要であることから、ウェイトトレーニング経験者と初心者に向けたガイドラインが提示されている（Earle and Baechle, 2010）。しかし、ウェイトトレーニングの経験は無い初心者であっても、普段から他のトレーニングを実践している者（以下、鍛錬者）や、初心者のレベルにも到達していない、つまり、ウェイトトレーニングを含めまったくの運動を実施していない者（以下、非鍛錬者）のような対象では、筋痛や筋疲労の回復状況も異なることが推測され、同様のトレーニング計画の実施では十分な効果が得られない、あるいは過度のトレーニング負荷を与えてしまう可能性があると考えられる。

様々なスポーツ活動や日常生活における負荷の大きい運動の実施に伴って、様々な筋痛が発現する。筋痛には、激運動を実施中や直後に運動の継続が困難になる程度の痛みを発生し、いったん動作を終了すると痛みが消失する急性の激しい痛み（以下、急性筋痛）や、運動後数時間から数日経過してから生じる筋痛（以下、遅発性筋痛）等、様々な属性の痛みがある（青野ほか, 2013）。また、急性筋痛と異なり、運動中から運動後に発生し、場合によっては運動中よりも運動後の方が痛みが増加し、しばらく継続する筋痛（以下、即発性筋痛）（野坂, 2002）も存在する。特に、遅発性筋痛は運動中あるいは運動直後に痛みはなく、一般的に不慣れた運動や久しぶりの運動後に数時間から24時間程度かけて出現し、24～72時間後にピークに達し、5日～1週間程度で自然消失する（Cleak and Eston, 1992; Miles and Clarkson, 1994; Smith, 1991）といわれている。つまり、運動に普段から慣れ親しんでいない者は、運動後に発生する筋痛が、トレーニングを継続している者よりも遅れて発生する可能性が高いと推測される。いいかえれば、本格的な痛みが発生するまでに時間差がある

ため、運動翌日までの痛みが少ない時期に過度の運動を行ってしまい、怪我につながるリスクを高める可能性があると考えられる。

また、筋の疲労の感覚についても、ウェイトトレーニングの指導現場では、筋痛の程度同様、トレーニングの実施の可否を決定するための情報として利用されることが多い。運動中に発生する筋疲労については、トレーニングを行っていない者は中枢性疲労が原因となり運動の継続が困難になるが、ウェイトトレーニングを実施している者はトレーニングによって中枢性の疲労への耐性が強化されており、末梢性の疲労の影響が強いと報告されている（遠藤ほか, 2004）。あるいは、筋痛と筋疲労を混同してとらえがちであるが、疲労感とは遅発性筋痛と関連がないという説もあり（Bar et al., 1994; Miles and Clarkson, 1994）。運動後の回復状況を確認する指標として利用する場合、筋痛と筋疲労は別々に確認する必要がある。また、運動後の筋疲労について、鍛錬者と非鍛錬者の差についても、十分な見解が得られていない。

ウェイトトレーニングの初心者であっても、それまで行った他のトレーニングの実施の有無（鍛錬者か非鍛錬者か）によって筋痛や筋疲労への耐性が異なり、鍛錬者の方が非鍛錬者に比べ筋痛や疲労が抑えられる可能性もあることから、ウェイトトレーニングを新たに実施しようとする初心者に対し、他のトレーニングの実施の有無による筋痛や筋疲労の現れ方の違いについて明らかにすることは、トレーニング効率や安全管理の面で個々の状態を考慮したより具体的なウェイトトレーニング計画の作成に有益な情報をもたらすことが期待される。

よって、本研究では鍛錬者と非鍛錬に肘関節の繰り返し運動を実施させ、その後に発生する筋痛および筋疲労について、両者の比較を行うことを目的とした。すなわち、運動直後及びその後に遅発性筋痛が発生した疼痛と筋疲労の主観的感覚を比較し検討することで、鍛錬者と非鍛錬者それぞれの特徴を明らかにする。

2. 方法

2. 1. 対象

本研究では、普段、継続的にトレーニングを行っていない男子学生 10 名のうち、途中で離脱した 1 名を除く 9 人（年齢：22.11 ± 1.37 歳，身長：174.89 ± 3.25 cm，体重：72 ± 17.94kg）を非鍛錬者群とし，ウェイトトレーニングは行っていないが，週 5 日以上，専門競技のトレーニングを実施している剣道部の男子学生 10 名（18.4 ± 0.92 歳，172.1 ± 3.88cm，68.9 ± 11.47kg）を鍛錬者群として実験を行った。本研究の実験計画については，福井工業大学における人を対象とする研究倫理審査による承認を得て実施しており，被験者には，事前に実験の趣旨と手順を説明したのち，インフォームドコンセントにそって注意説明を行った。なお，実験参加承認は署名により確認した。両群ともに実験期間中，激しいスポーツや不慣れた運動は行わないよう指示した。

2. 2. 実験手順

2. 2. 1 運動負荷条件

全対象者の利き手側の上腕二頭筋群に対し以下の手順にて運動負荷条件を実施した。まず，被験

者の最大挙上重量（1 RM）（田中ほか，2019）を測定し，1 RM の 85%（McBurnie et al., 2019）に相当する重量のダンベルを肘屈曲位（肘関節角度：約 50 ~ 60°）から肘伸展位（肘関節角度：約 170 ~ 180°）までコンセントレーション・カール（図 1）を実施した。1 セットあたりの目標レップ数は 6 回とし，最大 6 セット実施した（Earle and Baechle, 2010）。ただし，途中で継続が困難になった場合は，可能な限り実施できた最大限のセット数までとした。セット間の休息時間の長さは 3 分間に設定した。

2. 2. 2 筋痛，筋疲労の調査

筋痛の程度は，visual analogue scale (VAS)（濱口，2011）により評価した。肘関節の運動に伴い使用する上腕の筋群に対し，調査用紙に示された 10cm の直線の一方を 0「全く痛みなし」とし，もう一方を 100「最大の痛み」として，その時点での痛みの程度を回答させた。同様に，筋疲労は 10cm の直線の一方を 0「全く疲労感なし」とし，もう一方を 100「最大の疲労感」とした。被験者には，伸展したときと屈曲したときの 2 つの条件に対し，それぞれの痛みの程度および筋の筋疲

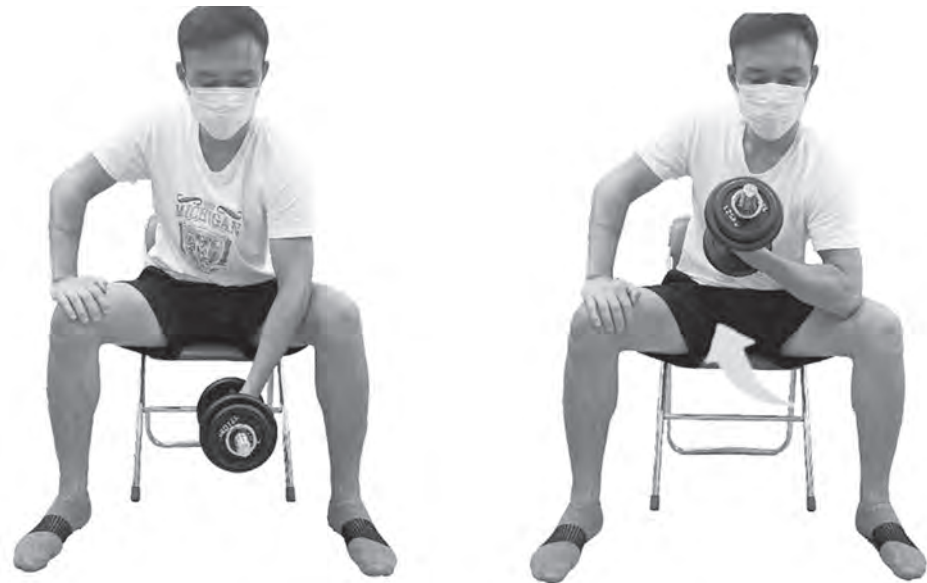


図 1. コンセントレーション・カール

労を VAS の表に記録させた。測定前を基準 (0) として、測定の時点は、運動直後 (POST)、24 時間後、48 時間後、72 時間後、96 時間後に実施した。

2. 3. 統計処理

筋痛と筋疲労のデータは、測定前 (PRE) の無痛状態を基準 (100%) とし、POST 以降の痛みの状態を VAS スケールの結果をもとに相対値にして解析を行った (例: VAS の結果が 2.3cm → 123%)。

屈曲時、伸展時それぞれの状態での筋痛および筋疲労について、一要因のみ対応のある二要因分散分析 (鍛錬群・非鍛錬群×経過時間) を実施し、要因ごとの効果の大きさを偏 η^2 により求めた。分散分析の結果、有意な主効果あるいは交互作用が認められた場合、Tukey HSD 法による多重比較検定を実施した。なお、本研究の有意水準は 5% 未満とした。

3. 結果

3. 1. 最大挙上重量 (1RM)

図 2 は、最大挙上重量 (1RM) について鍛錬者と非鍛錬者の比較を対応のある t 検定で比較した結果を示している。検定の結果、鍛錬者の 1RM は $128.87 \pm 17.54N$ であり、非鍛錬者 $95.28 \pm 21.18N$ に比べて有意に高かった ($t = -3.57, p < 0.05$)。

3. 2. 肘関節伸展時の痛み

図 3 および表 1 は、運動直後から 96 時間後までの肘関節の伸展痛における平均値、標準偏差、二要因分散分析と多重比較検定の結果を示している。二要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた。偏 η^2 は 0.38 であり、大きな差を示していた。多重比較検定の結果、非鍛錬群の伸展痛は、24 時間後～72 時間後が運動直後よりも有意に上昇し、96 時間後が 24 時間後～72 時間後よりも有意に低下し、24 時間後にピークに達した。一方、鍛錬者は測定直後から 96 時間経過後まで全ての値に有意な差は認められなかった。

3. 3. 肘関節屈曲時の痛み

図 4 および表 2 は、運動直後から 96 時間後までの肘関節の屈曲痛における平均値、標準偏差、二要因分散分析と多重比較検定の結果を示している。二要因分散分析の結果、有意な交互作用が認められた。偏 η^2 は 0.39 であり、大きな差を示していた。多重比較検定の結果、運動直後の屈曲痛は、鍛錬群と非鍛錬群の間に有意差が認められ、鍛錬群の方が痛みは大きかった。また、鍛錬群の屈曲痛は、96 時間後が運動直後および 24 時間後、48 時間後よりも有意に低下し、運動直後にピークに達したのに対し、非鍛錬者条件の屈曲痛は、24 時間後～72 時間後が運動直後よりも有意に高く、96 時間後は 24 時間後および 48 時間後よりも有意に低かった。

3. 4. 上腕筋群の疲労感

図 5 および表 3 は、運動直後から 96 時間後までの上腕筋群の疲労感における平均値、標準偏差、二要因分散分析と多重比較検定の結果を示している。分散分析の結果、時間の要因にのみ有意な主効果が認められた。偏 η^2 は 0.57 であり、大きな差を示していた。多重比較検定の結果、両群ともに運動直後は 48 時間後～96 時間後よりも有意に高かった。また、96 時間後は 24 時間後よりも低下した。

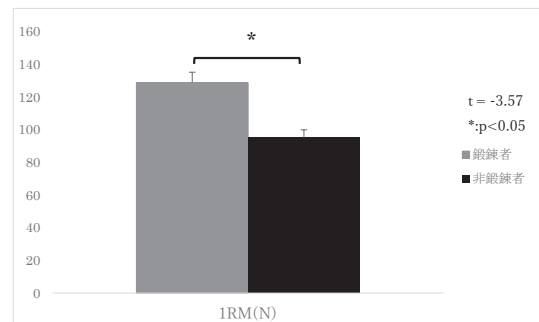


図 2 鍛錬者および非鍛錬者条件における 1RM(N) の t -検定

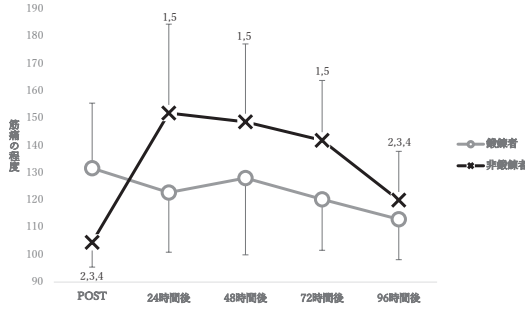


図3 肘関節伸展痛

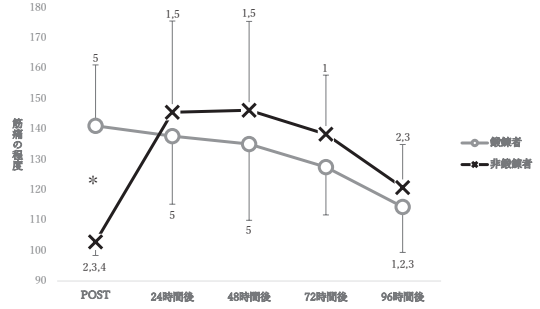


図4 肘関節屈曲痛

鍛錬者および非鍛錬者条件における運動直後 (POST) および運動後 24 時間後～96 時間後の伸展痛の変化。値は平均±SD。(1: post; 2: 24 時間後; 3: 48 時間後; 4: 72 時間後; 5: 96 時間後。) 図中の数字は、多重比較検定の結果、有意差があった個所を示している。

鍛錬者および非鍛錬者条件における運動直後 (POST) および運動後 24 時間後～96 時間後の屈曲痛の変化。値は平均±SD。(1: post; 2: 24 時間後; 3: 48 時間後; 4: 72 時間後; 5: 96 時間後。) 図中の数字は、多重比較検定の結果、有意差があった個所を示している。

表1 運動直後 (post) および運動後 24 時間後～96 時間後の伸展痛の変化

		非鍛錬者		鍛錬者		F値	P値	偏 η ²	多重比較	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差					
1	POST	104.56	9.07	131.70	23.82	要因A	1.42	0.25	0.08	非鍛錬者: 1,5<2,3,4
2	24時間後	151.89	32.55	122.80	21.86	要因B	7.67	0.00 *	0.32	鍛錬者: ns
3	48時間後	148.67	28.53	128.10	28.13	交互作用	9.62	0.00 *	0.38	
4	72時間後	141.89	21.94	120.30	18.66					
5	96時間後	120.00	17.87	113.00	14.79					

要因A: 鍛錬者と非鍛錬者。 要因B: 時間。

*: p<0.05, ns:有意差なし。

運動前 (PRE) の無痛状態を基準 (100%) とし, POST以降の痛みの状態を相対値で表示。

表2 運動直後 (post) および運動後 24 時間後～96 時間後の屈曲痛の変化

		非鍛錬者		鍛錬者		F値	P値	偏 η ²	多重比較	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差					
1	POST	102.89	4.48	141.10	20.04	要因A	0.00	0.96	0.00	post: 非鍛錬者<鍛錬者
2	24時間後	145.56	30.04	137.70	22.41	要因B	10.04	0.00 *	0.39	非鍛錬者: 1<2,3,4 5<2,3
3	48時間後	146.22	29.25	135.10	25.11	交互作用	10.08	0.00 *	0.39	鍛錬者: 5<1,2,3
4	72時間後	138.33	19.45	127.50	15.74					
5	96時間後	120.78	14.18	114.40	14.98					

要因A: 鍛錬者と非鍛錬者。 要因B: 時間。

*: p<0.05, ns:有意差なし。

運動前 (PRE) の無痛状態を基準 (100%) とし, POST以降の痛みの状態を相対値で表示。

表3 運動直後 (post) および運動後 24 時間後～ 96 時間後の上腕筋群の疲労感の変化

		非鍛錬者		鍛錬者		F値	P値	偏 η ²	多重比較	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差					
1	POST	164.44	29.53	169.10	24.71	要因A	2.53	0.13	0.14	非鍛錬者： 3,4,5<1 5<2
2	24時間後	140.89	23.90	151.60	32.28	要因B	21.19	0.00 *	0.57	鍛錬者： 3,4,5<1 5<2
3	48時間後	127.78	15.86	143.20	29.74	交互作用	0.25	0.91	0.02	
4	72時間後	117.22	15.62	132.70	18.83					
5	96時間後	106.89	9.43	119.50	16.57					

要因A：鍛錬者と非鍛錬者。 要因B：時間。 *: p < 0.05, ns:有意差なし。

運動前 (PRE) の無痛状態を基準 (100%) とし、POST以降の痛みの状態を相対値で表示。

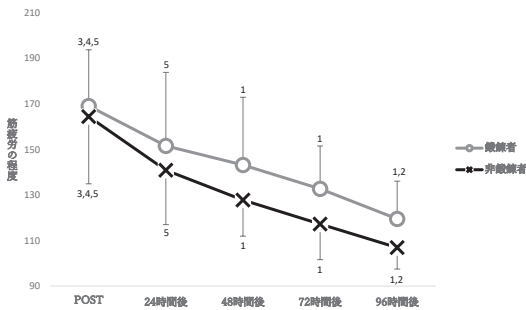


図5 上腕筋群の疲労感

鍛錬者および非鍛錬者条件における運動直後 (POST) および運動後 24 時間後～ 96 時間後の疲労感の変化。値は平均±SD。(1: post; 2: 24 時間後; 3: 48 時間後; 4: 72 時間後; 5: 96 時間後。) 図中の数字は、多重比較検定の結果、有意差があった個所を示している。

4. 考察

4. 1. 筋痛

肘関節の繰り返し運動後の筋痛については、肘関節伸展時は運動直後から 96 時間経過するまで、各測定時の鍛錬者と非鍛錬者間に差は認められなかった。しかしながら、時間経過に伴う筋痛の変化については鍛錬者と非鍛錬者間で異なる傾向を示した。運動前を 100% とすると、鍛錬者は運動直後から約 131% で軽度の痛みの程度となり、その後 96 時間経過時点まで有意な差がない状態に変化がほとんどなかったのに対し、非鍛錬者は運動直後の痛み、平均で 105% 程度であり、運動前の状態と同程度で痛みがほとんどない状態であったのが、24 時間経過すると約 152% で中程度の痛みの強さまで上昇し、その後、緩やかに低下し、96 時間後には約 120% で軽度の痛みまで軽減する

傾向を示した。また、偏 η² の結果から、これらの差は大きな差であったと推測される。

また、肘関節屈曲時の筋痛は、運動直後に鍛錬者は約 141% で軽度から中程度の痛みの程度を訴えていたのに対し、非鍛錬者は約 103% で伸展時と同様に運動前の状態と同程度で痛みがほとんどない状態であり、鍛錬者と明らかに異なる症状を示した。また、非鍛錬者は 24 時間後から 48 時間後まで経過すると約 146% で中程度の痛みを生じ、その後、緩やかに低下し、96 時間後には約 120% で軽度の痛みまで軽減する傾向を示した。一方で、鍛錬者は運動直後の急激な筋痛が発生したのちは、時間経過とともに緩やかに低下し、96 時間後には約 114% で軽度の痛みのまで軽減していた。また、鍛錬者同様、偏 η² の結果から、これらの差は大きな差であったと推測される。

つまり、非鍛錬者は伸展時、屈曲時ともに運動直後の筋痛はほとんど発生しないが、その後に痛みが上昇する傾向を示すのに対し、鍛錬者は運動直後から軽度～中程度の筋痛を訴え、その後は現状維持または軽減していく傾向を示すことが明らかになった。

本研究では、鍛錬者と非鍛錬者は共に各個人ごとの最大筋力を考慮した相対的負荷かつ同一回数、セットでコンセントレーション・カール、つまり肘関節の屈曲動作 (短縮性収縮による運動) をメインとする運動負荷条件を実施した。しかしながら、鍛錬者と非鍛錬者の筋痛の発生状況に異なる傾向を示した原因として、発生する筋痛のメカニズムが異なることが示唆される。運動直後か

ら 24 時間の間で、非鍛錬者の痛みの出現の傾向が鍛錬者と異なった原因として、不慣れな運動に伴う遅発性筋痛の出現の影響が考えられる。遅発性筋痛は、不慣れな運動や久しぶりに運動を行った後に現れる筋痛であり(野坂, 2002)、運動中あるいは運動直後に痛みはまったくなく、痛みは運動後 24 時間出現し、運動後 2~3 日でピークに達することが報告されている(Cleak and Eston, 1992; Dolezal et al., 2000; Thompson et al., 1999)。遅発性筋痛については筋損傷説などいくつかの仮説があり、明確な原因は明らかになっていない点も多いが、繰り返し運動を行うようになると顕著に軽減されることは明らかにされており(野坂, 2002)、本研究で普段まったく運動を行っていない非鍛錬者には運動直後ではなく 24 時間以降に筋痛が発生した一方で、鍛錬者に現れる運動直後から筋痛が出現し時間経過とともに軽減していく傾向と一致する。

本来、遅発性筋痛はエキセントリック運動、つまり伸張性の負荷がかかる場合にのみ出現するといわれている(Kellis and Baltzopoulos, 1995; 野坂, 2001)。よって、本研究で行ったコンセントレーション・カールのような短縮性の運動を主体とするトレーニング時には遅発性筋痛は発生しにくいと考えられる。実際、鍛錬者の群においては肘伸展時、屈曲時ともに運動直後からの痛みを生じており、遅発性筋痛ではなく、即発性筋痛が痛みの主たる原因と推測される。しかしながら、同じ相対的な負荷の条件で行った非鍛錬者のみコンセントレーション・カールによって遅発性筋痛が出現した理由として、不慣れな運動を実施による影響である。遅発性筋痛は不慣れな運動や久しぶりの運動を行った際に発生するといわれており(野坂, 2002)、非鍛錬者は普段行わない強度でのトレーニングを実施したことで遅発性筋痛が生じたと推測される。また、コンセントレーション・カール自体は屈曲動作をメインとしたトレーニングであるが、実際には、ダンベルを挙げた後、降ろす動作(伸展動作)も伴う。本研究で実施した最大筋力の 85% 程度の負荷は、鍛錬者にとっては、適度な強度であったとしても、非鍛錬者にとっては

ダンベルをおろす伸展動作時の負荷としても強度が高すぎた可能性も示唆される。つまり、遅発性筋痛の原因とされるエキセントリックな運動時に慣れない強い負荷がかかったことで、非鍛錬者は遅発性筋痛が生じたと推測される。一方、普段ウェイトトレーニングを実施していなくとも、その部位を動かすトレーニングの頻度が高い鍛錬者の場合、筋痛の発生や回復の状態はウェイトトレーニングの実施者と類似した傾向を示すことが明らかになった。

4. 2. 筋疲労

本研究の結果より、筋の疲労感については、鍛錬者と非鍛錬者で同様の傾向を示すことが明らかになった。つまり、運動直後に、鍛錬者、非鍛錬者共に筋疲労は最大値を示し、その後、両群ともに時間経過に伴い徐々に筋疲労は低下していった。筋疲労は、筋肉の pH が酸性に傾くこと、筋肉を収縮するためのエネルギー源となる筋グリコーゲン(糖の一種)が枯渇する。あるいは、高強度の運動時にリン酸がカルシウムと結合してカルシウムの放出が阻害されることによって筋疲労が起こる(小宮ほか, 2012; 片山ほか, 1994; 和田ほか, 2006)などの様々な説があるが、筋の疲労感には鍛錬者と非鍛錬者には違いがないことが明らかになった。今回は局所のトレーニングに対する主観的な疲労感の調査であったため、全身運動のようなエネルギーの枯渇などに由来する疲労感とは異なり、作業中に生じる筋疲労感が最も強く、その後時間経過とともに減少するのは鍛錬者も非鍛錬者も同様であったと考えられる。しかし、原因となる疲労物質の影響や、主観的な筋疲労感ではなく実際に筋力がどの程度低下していたのか(筋疲労)についての詳細は、今回の研究では検査できていないため、今後の検討課題とする。

よって、ウェイトトレーニング自体の実施経験が無く、ガイドラインでいえば共に初心者のカテゴリーに属する状態である鍛錬者と非鍛錬者であるが、非鍛錬者のトレーニング計画を作成する際には、運動直後の筋痛の様子を確認した際に、痛みが無い、あるいは少ないという発言から、トレー

ニングの負荷が低すぎると判断しないように注意する必要がある。また、ガイドラインで定められた週2～3回程度の頻度 (Earle and Baechle, 2010) で計画すると、遅発性筋痛の影響により筋痛が持続している期間中にトレーニングを実施しなければならない可能性が高い。遅発性筋痛発生時は、軽い負荷での運動であれば痛みが軽減し回復過程にも影響しないとする報告もあるが、一方で、負荷が大きい場合の影響や痛みの程度と損傷の程度に関する詳細については不明な点も多い (野坂, 2001)。つまり、非鍛錬者の場合、運動直後の様子や筋疲労感でなく、遅発性筋痛が現れる24時間以降、特に72時間前後の筋痛の状況を注意して確認し、次のトレーニングを実施するまでの期間を短く設定しすぎないことや、高すぎない負荷の設定を検討する必要があることが本研究の結果から明らかになった。一方、鍛錬者は同部位を普段から別のトレーニングで使用していることから、遅発性筋痛の出現も認められず、ウェイトトレーニングの経験者と類似した傾向を示すことが明らかになった。よって、通常通りのガイドラインに従ったトレーニング計画で問題ないと考えられる。以上より、ウェイトトレーニングの初心者に対するトレーニング計画を作成する際には、これまでのガイドラインの指標を参考にしつつも普段から別の運動を実施している鍛錬者か非鍛錬者かでも遅発性筋痛の影響を考慮したうえでそれぞれの計画を立てる必要があろう。

5. まとめ

本研究の結果より、以下のことが明らかになった。

- ・伸展時の筋痛は、鍛錬者は時間経過に伴う変化がなかったが、非鍛錬群は、運動直後には低く、24時間以降に上昇した。

- ・非鍛錬者の屈曲時の筋痛は、運動直後、鍛錬者よりも低かったが、24時間後に上昇した。

- ・筋の疲労感については、鍛錬者と非鍛錬者に差はなく、運動直後に最大値を示し、その後、徐々に低下した。

利益相反自己申告

本研究において開示すべき利益相反はない。

引用参考文献

1. 青野杏子・鈴木伸弥・大塚裕之・二橋元紀・笹田周作・小宮山伴与志 (2013) 全力ペダリング運動後に誘発される大腿部の急性痛について. 千葉体育学研究, 35: 9-16.
2. Bar D. P. R., Anne J. B. R, Radboud W. K. and Hans G. J. A. (1994) Exercise-Induced Muscle Damage: Recent Developments. Basic and Applied Myology, 4(1): 5-16.
3. Cleak M. J. and Eston R. G. (1992) Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. Journal of sports sciences, 10(4): 325-341.
4. Dolezal B. A., Potteiger J. A., Jacobsen D. J. and Benedict S. H. (2000) Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. Medicine & Science in Sports & Exercise, 32(7): 1202-1207.
5. Earle R. W. and Baechle T. R. (2010) レジスタンストレーニングのプログラムデザイン. Earle R. W. and Baechle T. R. (編), 福永哲夫 (監) パーソナルトレーナーのための基礎知識. 森永製菓株式会社, pp. 373-410.
6. 遠藤隆志・三田村将史・中島剛・高橋麗・小宮山伴与志 (2004) 鍛錬者と非鍛錬者における持続的な最大筋力発揮中の中枢性および末梢性疲労の発現. 体力科学, 53: 211-220.
7. 濱口真輔 (2011) 痛みの評価法. 日臨麻会誌, 31(4): 560-569.
8. Kellis E. and Baltzopoulos V. (1995) Isokinetic eccentric exercise. Sports Med., 19(3): 202-222.
9. 小宮秀明・手塚博之・鈴木正寛 (2012) 筋硬度からみた局所筋運動後の疲労軽減に及ぼすマッサージの効果. 臨床スポーツ医学, 29(4): 447-451.
10. 片山憲史・田中忠蔵・西川弘恭・平澤泰介 (1994) 筋疲労. 体力科学, 43: 309-317.

11. McBurnie J. A., Allen K. P., Garry M., M., Martin M., Thomas D., Jones P. A., Comfort P. and McMahon J. J. (2019) The Benefits and Limitations of Predicting One Repetition Maximum Using the Load-Velocity Relationship. *Strength and Conditioning Journal*, 41(6): 28-40.
12. Miles M.P. and Clarkson P.M. (1994) Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps. *J Sports Med Phys Fitness.*, 34(3): 203-216.
13. Nosaka K. and Newton M. (2002) Differences in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *J. Strength Cond. Res.*, 16(2): 202-208.
14. 野坂和則 (2002) 筋肉痛のメカニズム. 福永哲夫編, 筋の科学事典. 朝倉書店, pp. 445-471.
15. 野坂和則 (2001) 遅発性筋痛の病態生理学. 理学療法, 18(5): 476-484.
16. Smith L. L. (1991) Acute inflammation: The underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(5): 542-551.
17. 田中淳・小玉京士朗・國友亮佑・簀戸崇史(2019) 負荷 - 速度関係を用いたスクワット 1RM の推定についての検討. 環太平洋大学研究紀要, 14: 51-56.
18. Thompson D., Nicholas C.W. and Williams C. (1999) Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of sports sciences*, 17(5): 387-395.
19. 和田正信・三島隆章・山田崇史 (2006) 筋収縮における乳酸の役割. *体育学研究*, 51: 229-239.

2022年10月19日受付

2023年1月14日受理